

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-160219

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 07-344855

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 06.12.1995

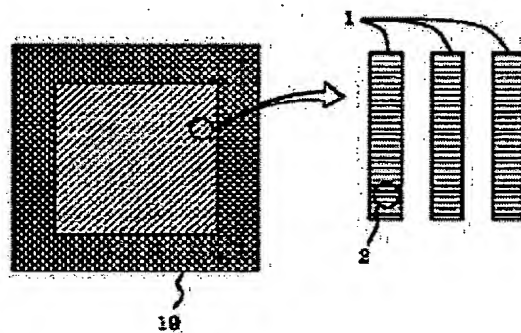
(72)Inventor : SUZUKI AKIYOSHI

(54) OPTICAL ELEMENT AND EXPOSURE DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an optical element capable of forming a pattern with high resolution and high contrast and an exposure device using the same by forming a periodic pattern having period near to exposure wavelength in the longitudinal direction of the pattern with respect to the pattern.

SOLUTION: A reticle 19 is provided with the periodic fine pattern 2 having the period nearly the same as that of the exposure wavelength in the longitudinal direction of the circuit pattern 1 of an LSI performing image formation. Since the pattern 2 is formed in a direction crossing at a right angle with the longitudinal direction of the pattern 1, the mainly polarizing direction of light passing through the pattern 2 coincides with the longitudinal direction of the pattern 1. By making use of the characteristic of the pattern 2 of the exposure wavelength order, optimum polarizing condition can be obtained for the individual circuit pattern 1 on the reticle 19. As a result, the contrast in the case of image forming is improved, and the improvement of depth of focus and limit image performance can be attained.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-160219

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08			G 0 3 F 1/08	A
	7/20	5 2 1	7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 P
				5 1 8
				5 2 8
審査請求 未請求 請求項の数24 F D (全 12 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-344855

(22) 出願日 平成7年(1995)12月6日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 鈴木 章義

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

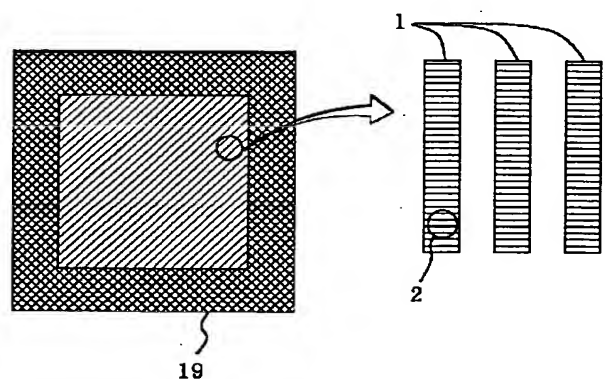
(74) 代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 光学素子及びそれを用いた露光装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体露光装置等において偏光を利用して細かいパターンを結像する際に好適な光学素子及びそれを用いた露光装置を得ること。

【解決手段】 転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、前記パターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンを持つ光学部材を配置したこと。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 転写すべきパターンを形成した光学素子において、該パターンに対し該パターンの長手方向に露光波長近傍の周期を持つ周期性パターンを形成したことを特徴とする光学素子。

【請求項2】 請求項1の光学素子を用いて所定面上に該光学素子のパターンを転写することを特徴とするパターン転写方法。

【請求項3】 請求項1の光学素子を利用したことを特徴とするレヴェンソン位相シフト型のレチクル。

【請求項4】 請求項3のレチクルを用いて所定面上に該光学素子のパターンを転写することを特徴とするパターン転写方法。

【請求項5】 転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、前記パターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンを持つ光学部材を配置したことを特徴とする露光装置。

【請求項6】 転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを露光装置により基板上に転写する時、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する光学部材を配置して露光を行うことを特徴とする露光方法。

【請求項7】 前記光学部材が位置合わせ用のアライメントマークを持つことを特徴とする前記特許請求項6記載の露光装置。

【請求項8】 前記光学部材が前記転写すべきパターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンを持つことを特徴とする露光方法。

【請求項9】 転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する機能と、位置合わせ用のアライメントマークを持つ光学部材を配置可能とするとともに、前記照明系に前記光学部材のアライメントマークに対応する基準マークと観察系、及び、前記光学部材の位置調整系を装備したことを特徴とする露光装置。

【請求項10】 前記光学部材が前記転写すべきパターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンを持つことを特徴とする露光装置。

【請求項11】 転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、前記パターンの長手方向

と等価的な方向に露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンと、前記パターンの長手方向と等価的に平行な方向の周期性パターンを配置した光学部材を配置したことを特徴とする露光装置。

【請求項12】 転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを露光装置により基板上に転写する時、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、前記パターンの長手方向と等価的な方向に露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンと、前記パターンの長手方向と等価的に平行な方向の周期性パターンを配置した光学部材を配置したことを特徴とする露光方法。

【請求項13】 転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する時、前記光学素子と基板を走査しながら露光する走査型の露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する光学部材を配置し、前記光学素子と基板の走査に同期して前記光学部材を走査することを特徴とする露光装置。

【請求項14】 前記光学部材は照明の偏光状態を制御していることを特徴とする前記特許請求項13記載の露光装置。

【請求項15】 前記光学部材が前記パターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長と同じオーダの周期を持つ微細周期性パターンで構成されていることを特徴とする請求項14の露光装置。

【請求項16】 前記光学部材は照明の角度状態を制御していることを特徴とする前記特許請求項13記載の露光装置。

【請求項17】 前記光学部材が前記パターンの長手方向と等価的に平行な周期性パターンで構成されていることを特徴とする請求項16の露光装置。

【請求項18】 前記光学部材が前記パターンの長手方向と等価的な方向に露光波長近傍の周期性を持つ微細周期性パターンと、前記パターンの長手方向と等価的に平行な方向の周期性パターンで構成されていることを特徴とする請求項13の露光装置。

【請求項19】 転写すべきパターンの形成された光学素子上の前記パターンを、基板上に前記光学素子と基板を走査しながら露光して転写する走査型の露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、位置合わせ用のアライメントマークと、前記光学素子の照明状態を制御する機能を持つ光学部材を配置するとともに、前記光学部材のアライメントマークに対応した基準マークと観察系及び、前記光学部材の位置調整系及び前記光学素子と基板の走査に同期して前記光学部材を走査する機構を装備したことを特徴とする露光装置。

【請求項20】 転写すべきパターンの形成された光

光学素子上の前記パターンを基板上に走査型の露光装置を用いて前記光学素子と基板を走査しながら露光して転写する際、前記露光装置の照明光学系内の前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する光学部材を配置し、前記光学素子と基板の走査に同期して前記光学部材を走査することを特徴とする露光方法。

【請求項21】 露光用の光源に直線偏光性を持つ光源を使用する露光装置において、前記露光装置内に偏光選択性の光学部材が存在し、前記光学部材に対して、前記光源からの光が非直線偏光性の光として入射することを特徴とする露光装置。

【請求項22】 直線偏光性を持つ露光用の光源を使用する露光装置を用いて基板上にパターンを転写する露光方法において、前記露光装置内に偏光選択性の光学部材が存在し、前記光学部材に対して、前記光源からの光が非直線偏光性の光として入射することを特徴とする露光方法。

【請求項23】 請求項5、7、9、10、11、13～19、21のいずれか1項記載の露光装置を用いて半導体デバイスを製造していることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項24】 請求項6、12、20、22のいずれか1項記載の露光方法を用いて半導体デバイスを製造していることを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はIC、LSI等の回路を構成するパターンの形成における光学素子及びそれを用いた露光装置に関し、特に半導体素子製造用のウェハ（基板）上に該細かいパターンを形成する際に好適なものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子の微細化が進むにつれ、位相シフトや変形照明など新しい結像技術が進展し、露光装置側でも該新しい結像技術の成果が次々と取り入れられている。この背景には従来の単純な構成の光学系での解像力の限界が明確になってきたため、位相を扱うなど新たな可能性を求めることが必然となってきたことがある。

【0003】従来より、半導体素子製造の露光装置の中で効果が知られてはいたが積極的に使われていなかったパラメータに偏光がある。偏光の効果についてはすでに多くの文献が書かれており、一例としてY.Unno: "Polarization effect of illumination light", Proc.SPIE 1927 "Optical/Laser MicrolithographyVI" (1993) pp. 879-891がある。偏光の効果は特に結像光同士の角度が大きい場合、例えば斜入射光学系やレヴェンソン型の位相シフトマスクに対して効果が大きいことも解析や実験結果から明らかとなっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このように新しい結像技術が求められるにつれ、新しいパラメータを実用的な形で如何に装置に取り入れるかが大きな課題となっている。しかしながら偏光については実際に露光が行われる紫外域で良い偏光素子がないという問題がある。また、実際のLSIの回路を構成するパターンはレチクル外形と平行なX及びY方向のパターンを主に形成されることが多いが、 $\pm 45^\circ$ 方向など任意の方向を含んでいるものもある。これら種々の方向のパターンがレチクル内に複雑に配置されいるため、パターンの方向に合わせて任意の方向の偏光状態を簡易に作り出す必要性もある。従来は各パターンの方向性や微細度に応じて場所場所で最適な照明状態を得ることが困難であるという問題があった。本発明は高解像度で高コントラストのパターン形成が可能な光学素子及びそれを用いた露光装置の提供を目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は実際のLSIの回路パターンに対応して結像する光の状態をコントロールするため、該パターンそのもの、あるいはその等価面に対して微細構造を持つ周期性のある微細パターンを適用することを特長としている。この結果、回路パターンの形成されているレチクル（光学素子）に入射する光は偏光状態を最適化することができ、よりコントラストの高い結像を可能としている。また該微細なパターンをレチクル上またはレチクルの等価面に配置することにより、パターンに応じた偏光の選択と、構成によっては照明法の選択が可能となり、結像性能の向上を図っている。

【0006】具体的には、本発明の光学素子は、

（1-1）転写すべきパターンを形成した光学素子において、該パターンに対し該パターンの長手方向に露光波長近傍の周期を持つ周期性パターンを形成したことを特徴としている。

【0007】本発明の露光装置は、

（2-1）転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、前記パターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンを持つ光学部材を配置したことを特徴としている。

【0008】（2-2）転写すべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する機能と、位置合わせ用のアライメントマークを持つ光学部材を配置可能とするとともに、前記照明系に前記光学部材のアライメントマークに対応する基準マークと観察系、及び、前記光学部材の位置調整系を

装備したことを特徴としている。

【0009】(2-3) 前記光学部材が前記転写するべきパターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンを持つことを特徴としている。

【0010】(2-4) 転写するべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、前記パターンの長手方向と等価的な方向に露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンと、前記パターンの長手方向と等価的に平行な方向の周期性パターンを配置した光学部材を配置したことを特徴としている。

【0011】(2-5) 転写するべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを基板上に転写する時、前記光学素子と基板を走査しながら露光する走査型の露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する光学部材を配置し、前記光学素子と基板の走査に同期して前記光学部材を走査することを特徴としている。

【0012】(2-6) 転写するべきパターンの形成された光学素子上の前記パターンを、基板上に前記光学素子と基板を走査しながら露光して転写する走査型の露光装置において、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、位置合わせ用のアライメントマークと、前記光学素子の照明状態を制御する機能を持つ光学部材を配置するとともに、前記光学部材のアライメントマークに対応した基準マークと観察系及び、前記光学部材の位置調整系及び前記光学素子と基板の走査に同期して前記光学部材を走査する機構を装備したことを特徴としている。

【0013】(2-7) 露光用の光源に直線偏光性を持つ光源を使用する露光装置において、前記露光装置内に偏光選択性の光学部材が存在し、前記光学部材に対して、前記光源からの光が非直線偏光性の光として入射することを特徴としている。

【0014】本発明の露光方法は、

(3-1) 前記光学部材が前記転写するべきパターンの長手方向と等価的な方向に前記露光装置で用いる露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンを持つことを特徴としている。

【0015】(3-2) 転写するべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを露光装置により基板上に転写する時、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する光学部材を配置して露光を行うことを特徴としている。

【0016】(3-3) 転写するべきパターンの形成された光学素子を用いて前記パターンを露光装置により基

板上に転写する時、前記露光装置の照明光学系内に存在する前記光学素子の共役面の近傍に、前記パターンの長手方向と等価的な方向に露光波長近傍の周期を持つ微細周期性パターンと、前記パターンの長手方向と等価的に平行な方向の周期性パターンを配置した光学部材を配置したことを特徴としている。

【0017】(3-4) 転写するべきパターンの形成された光学素子上の前記パターンを基板上に走査型の露光装置を用いて前記光学素子と基板を走査しながら露光して転写する際、前記露光装置の照明光学系内の前記光学素子の共役面の近傍に前記光学素子の照明状態を制御する光学部材を配置し、前記光学素子と基板の走査に同期して前記光学部材を走査することを特徴としている。

【0018】(3-5) 直線偏光性を持つ露光用の光源を使用する露光装置を用いて基板上にパターンを転写する露光方法において、前記露光装置内に偏光選択性の光学部材が存在し、前記光学部材に対して、前記光源からの光が非直線偏光性の光として入射することを特徴としている。

【0019】本発明の半導体デバイスの製造方法は、前述の構成(2-1)～(2-7)の露光装置、又は構成(3-1)～(3-5)の露光方法のいずれか1つを用いて製造していることを特徴としている。

【0020】

【発明の実施の形態】図1は本発明の光学素子の実施形態1の要部概略図であり、微細構造をレチクルに適用した例を示している。図中、19はレチクル(光学素子)、1は回路パターン(パターン)、2は周期性の微細パターンを示している。一般にパターンが細かくなると、より複雑な光のコントロールが必要となり、特に偏光が重要な役割を果たすようになることが知られている。そのためには結像光はパターンの長手方向と平行な方向の電場ベクトルを持つことが望ましい。電場ベクトルの方向を通常に従って偏光方向と定義する。本実施形態ではレチクル19上の回路パターン1自体に微細構造2を設けて偏光をコントロールし、結像に望ましい偏光成分を多くして、結像性能を向上させている。

【0021】図1のレチクル19は結像を行うLSIの回路パターン1の長手方向に露光波長と同程度の周期を持つ微細なグレーティング(周期性微細パターン)2を設けている。露光波長と同程度の微細パターンで偏光方向によりパターンの透過率が異なることは、A.K.Wong et al.: "Polarization Effects in Mask Transmission", Proc.SPIE 1674 "Optical/Laser Microlithography V" (1992) pp.193-200 により既に報告されている。従来のスカラー理論といわれる近似理論では、パターンの透過率は偏光方向に無関係であった。しかしながら、露光波長と同程度までパターンを微細化し、光の挙動を厳密なMaxwellの電磁場方程式に戻って取り扱えば、偏光方向によってパターンの透過率が異なることが明らかになっ

ている。例えば1つの矩形パターンを考え、その幅方向を小さくしていくと、長手方向と平行な偏光方向の光は透過率が悪く、直交する偏光方向の光は透過率が良いことが解っている。

【0022】一方、投影光学系を通してのパターンの結像では、偏光方向が個々のLSIの回路パターンの長手方向と平行であることが望ましい。図1に示すレチクルではLSIの回路パターン1の長手方向1aに露光波長と同程度の周期を持つ微細パターン2が周期的に形成されていることを特徴としている。微細パターン2が回路パターン1の長手方向と直交する方向に形成されていることは、該微細パターン2を通過した光の主たる偏光方向が該微細パターンの方向と直交する方向、即ち回路パターン1の長手方向と一致することを意味する。既に述べたように回路パターンの長手方向と平行な偏光方向はウェハでのパターン形成に有利な偏光方向と合致する。従って、図1のように露光波長と同程度の微細パターン2をレチクル上の回路パターン1に合わせて設けて、ウェハ上での像コントラストの向上を図っている。微細パターン2は微細すぎるためウェハ上には転写されない。本実施形態では248nmの波長を持つKrFエキシマレーザからの光を用いたリソグラフィ用に、露光波長の半分の0.12 μ mのライン・アンド・スペースをレチクル上の微細パターン2として採用している。

【0023】実際のLSIの回路パターンはレチクル外形と平行なX及びY方向のパターンを主に形成されていることが多いが、集積度をあげるため $\pm 45^\circ$ 方向など任意の方向のパターンも含まれる場合がある。本実施形態のレチクルでは微細パターンを各回路パターンの長手方向に対し直角に個別設定することにより、どのようなパターンに対しても最適な偏光状態を選ぶことができ、また種々の方向のパターンが混在してもパターン毎に微細パターンの方向を選ぶことで対応している。

【0024】また本実施形態のような微細パターンをLSIの回路パターンに対して設けるとパターンの透過部の透過率が微細パターンを配さなかった場合に対して減少する。偏光の効果は解像限界付近の細かいパターンに対して顕著で、粗いパターンに対する効果は少ないが、レチクル面内でのパターンの透過部（従来言われているガラスの素抜け部分）の透過率を一定とするため、微細パターンは同じ周期性を持ったままレチクル上の全てのパターンに対して、該パターンの線幅の粗微に関係なく適用している。図1では粗いパターンに対しても露光波長前後の線幅を持った周期的なパターンを配置している。

【0025】図1は通常の振幅型のレチクルへの適用を示しているが、本発明の光学素子を位相シフト型のレチクルに適用すると更に大きな効果が得られる。偏光の効果は結像に寄与する回折光同士がウェハ面でなす角度が大きいほど顕著である。レヴェンソン型では0次光が消

失し ± 1 次光同士の結像となるため、期待される細かいパターンを解像する領域で偏光の効果が振幅型より大きく現われる為に、レヴェンソン型位相シフトレチクルに本発明を適用すると最も効果が大い。

【0026】図2はレヴェンソン型の位相シフトレチクルの要部概略図である。図2において、201は位相シフト膜である。

【0027】図3は本発明の露光装置の実施形態2の要部概略図である。同図は偏光のコントロールをレチクルの光学的な共役面で行った例を示している。レチクル自体に微細パターンを形成することはレチクルの作成と共に、検査等に多大の時間がかかり、コスト的にも高価である。そこで本実施形態では同様の効果をレチクルと共役な位置、具体的には照明系内に偏光をコントロールする光学部材を入れて実現している。図中10は光源の超高圧水銀灯、11は集光用の楕円鏡、12はシャッタである。12'はシャッタの駆動モータ、13はコンデンサ、14は波長選択フィルタ、15はオプティカルインテグレートである。16はインテグレート15から出た光を集光するコンデンサ、17はレチクル19と共役面に配置されたマスキングブレードである。マスキングブレード17を通過した光は後続のコンデンサ系18、18'によりレチクル19を照明する。照明されたレチクル19上の回路パターンは投影光学系51でウェハ・チャック53に保持されたウェハ52上に結像している。なおコンデンサ13を交換したりズーム化して光量を調節したり、コンデンサ16を調節して照度分布を調整することなどは本実施形態に適用可能である。

【0028】偏光の効果は前述のように結像に寄与する光同士の角度が大きいときにより顕著である。従ってレチクル19として振幅型レチクルを用いた場合に偏光が最も効果を発揮するのは変形照明、即ち斜入射照明をしたときである。ここではオプティカルインテグレート15の後に交換可能な絞リ21を設け、4重極照明をした場合について説明する。なお21'は該絞リを交換するための駆動系である。以下の説明は異なる絞リを選択して輪帯照明をした場合でも同様である。

【0029】本実施形態では照明系内のレチクルの共役面17の位置に偏光選択素子（光学部材）22を挿入している。偏光選択素子22はレチクル19上の回路パターンに対応して該パターンに最適な偏光を透過している。図4は図3で用いるレチクル19とレチクル19に対応した偏光選択素子22を示している。簡単のため両者は同じ大きさで像の反転関係も揃えて書いてあるが、実際には両者のパターンの相対関係はコンデンサ系18、18'の倍率と、レチクル19とマスキングブレード17間に配置されたミラーによる像の反転関係から決定される。

【0030】例えばレチクル19上にある領域Aで縦方向のLSIの回路パターン31があったとする。この場

合領域 A に対応する偏光選択素子 22 上の領域 A1 では露光波長オーダの微細な周期性パターン 31' が回路パターン 31 と直交する横方向に形成されている。パターン 31' としては例えば超高圧水銀灯の i 線露光 (365nm) の場合には波長の半分の $0.18\mu\text{m}$ のライン・アンド・スペースを用いている。即ち微細パターンの周期が露光波長と一致している。レチクル 19 の別の領域 B で横方向の回路パターン 32 があった場合、領域 B に対応する偏光選択素子 22 上の領域 B1 ではパターン 31' と同様に露光波長オーダの微細な周期性パターン 32' が回路パターン 32 と直交する縦方向に形成されている。露光波長オーダの微細な周期性パターンの偏光選択性については既に述べたとおりである。露光波長程度の微細な周期性パターンは微細すぎて光学系が解像せず、従ってパターンとしてウェハ 52 上に転写されることはない。図 4 では領域 A の右下部のパターンのない部分に対応する領域 A1 の部分の微細周期性パターンを省略した例を示したが、領域 A1 では偏光を選択するだけなのでこの部分の微細周期性パターンは省略しなくてもよい。

【0031】図では縦横パターンについて説明したが +45 度パターンについては -45 度パターンを対応させればよいなど、任意の角度のパターンについてもそれと直交する方向に波長オーダの微細な周期性パターンを形成すればよい。

【0032】パターン 31' はパターン 31 に対応する領域全体にわたって連続して形成すれば良いため、実施形態 1 のように個々の LSI の回路パターン毎にパターンを作るより作成が容易である。また、レチクルに対して偏光選択素子 22 が縮小された関係になる場合には、露光波長オーダのパターンを作る領域の面積が直接レチクルに微細パターンを描画する場合より小さくなるため、コストを下げる要因になる。この場合、偏光を選択する微細な周期性パターンの線幅は露光波長との関係で決まるため、面積は縮小されても、同じ縮小比を受けずに露光波長近傍の線幅あるいは周期である。

【0033】偏光を決定する偏光選択素子 22 はレチクル 19 に対応して作成され、マスキング 17 の位置近傍に配置されるので、レチクル 19 上の個々のパターン 31 はその方向性に応じて最適な偏光状態で照明される。このためレチクル 19 と偏光選択素子 22 の間にはアライメント関係が生じる。レチクルにはもともとステップに装着するためのレチクルアライメントマーク 33 が形成されており、該アライメントマーク 33 がレチクル近傍もしくはウェハ・ステージ上に予め装着してある基準マーク 34 に対して位置合わせされる。レチクルアライメントマーク 33 と基準マーク 34 は観察系 39 によって観察され、不図示の調整機構でレチクル 19 が基準マーク 34 に対しセットされる。一方、偏光選択素子 22 にも同様にアライメントマーク 35 が付けられる。偏光

選択素子 22 はアライメントマーク 35 を照明系内の基準マーク 36 に対してアライメントすることで位置合わせされる。このため照明系内にはアライメントマーク 35 と基準マーク 36 を観察する基準マーク観察系 37 及び、偏光選択素子 22 を位置合わせするための位置調整機構 38 を設けている。レチクル 19 が不図示の搬送系により交換されるごとに、偏光選択素子 22 も不図示の搬送システムにより交換され、基準マーク観察系 37 の観察結果に基づいて位置調整機構 38 で位置調整を行っている。

【0034】図 5 は本発明の実施形態 3 の要部概略図である。本実施形態では、偏光の選択と共に照明法の選択も同時に行う例を示している。具体的な系の構成は図 3 の実施形態 2 とほとんど同一で、同じ構成要素には同一の符号を付けている。図 5 の図 3 との違いはオプティカルインテグレータ 15 の後ろの絞り 21 が、照明系のコヒーレンスを示す ϕ が小さい条件となっていること、及びマスキングブレード部に設置する光学部材 22' が露光波長オーダの微細な周期性パターンに加えてほかの構造も持っていることが相違点である。光学部材 22' の構造としては位相シフト膜を付けたもの、あるいは振幅型のグレーティングを配置したものがある。新たに加わったパターンはレチクルを照明する角度をコントロールする役割を果たすものである。ここでは代表例として位相シフト型のグレーティングを配置したものを説明する。光学部材 22' にも前例と同じくアライメント用マーク 35 が配されている。

【0035】図 6 は図 4 と同じくレチクル 19 とそれに対応する光学部材 22' の関係を示している。レチクル 19 上にある領域 A で縦方向の LSI の回路パターン 31 があったとき、領域 A に対応する光学部材 22' 上の領域 A2 では露光波長オーダの微細な周期性パターン 31' が回路パターン 31 と直交する横方向に形成されていると共に、縦方向に位相グレーティング 41 が形成されている。回路パターン 31 の長手方向と平行な縦方向のグレーティング 41 は図 7 に示すように 0 次光を消失させて ± 1 次の回折光を発生する作用をし、結果的にレチクル上のパタン領域 A を変形照明の最適照明条件となるように照明する。即ち、位相グレーティング 41 のピッチは最適照明条件となるように設定される。

【0036】レチクル 19 の別の領域 B で横方向の LSI の回路パターン 32 があった場合、領域 B に対応する光学部材 22' 上の領域 B2 では露光波長オーダの微細な周期性パターン 32' が回路パターン 32 と直交する縦方向に形成されていると共に、これと直交する横方向に位相グレーティング 42 が形成されている。横方向のグレーティング 42 も図 7 に模式的に示したような回折光を生じさせ、同じくレチクル上のパタン領域 B を変形照明での最適照明条件となるように照明する。位相型グレーティング 41 や 42 は周期性パターン 31' や 3

2'より周期が粗くウェハ上に転写される可能性があるため、レチクルの共役面から少しデフォーカスした位置に置かれ、転写されないように配置するとよい。

【0037】図6で位相型グレーティング41及び42を単独で示した図はレチクルの断面図で、レチクルのガラス面上に位相シフト膜が形成されている様子である。

【0038】照射角の選択は位相グレーティングだけでなく、位相型グレーティング41や42を振幅型のグレーティングにしても行うことができる。この場合も偏光方向は微細な周期性パターン31'、32'で選択され、照明角は位相型グレーティング41、42で選択されるため、レチクルの領域に応じた照明を行うことができる。

【0039】図8は本発明を走査型の露光装置に適用した実施形態4の要部概略図である。走査型の場合には照明系の光に対してレチクル19とウェハ52が相対的に移動する、具体的には照明系が固定で、レチクル19とウェハ52が走査している。この場合にも本発明は同様に適用できる。

【0040】図8でもこれまでの説明と同じ部材に対しては同一番号が付けられている。装置は照明系とレチクル系、投影光学系、ウェハ系を有し、照明系と投影光学系51が固定されて、レチクル19とウェハ52が投影系の縮小比に応じた速度関係で同期して走査している。レチクル19はレチクル走査ステージ54に、ウェハ52はウェハ走査ステージ55の上に載せられており、両走査ステージはレーザ干渉計によって精密に位置制御される。

【0041】所望の偏光状態、あるいはそれに加えて所望の照明角度を持つ照明光を走査されるレチクルの各部分に当てるため、これまで説明してきた光学部材22(22')をレチクルの走査に同期しながら走査するのが本実施形態の特徴である。56は光学部材22(22')を載せる走査ステージである。走査ステージ56はまたマスキングブレード17を露光時走査するのに共用することができる。レチクル19と光学部材22(22')の間の相対関係を保ったまま走査すれば、レチクル19に所望の照明光を当てることができ、結像性能を向上させることができる。本実施形態のようにレチクル19あるいはウェハ52と同期走査される光学素子は照明光の偏光状態の選択だけでなく、他の特徴を持った光学部材、例えば角度特性を制御する光学部材に対しても適用可能である。本実施形態ではレチクルを装置にセットするための基準マーク34をウェハ走査ステージ上に配置した。また、光学部材22(22')の装置に対する位置合わせについては前実施形態と同様である。

【0042】これまでは超高圧水銀灯を光源とする例を示したが、本発明はエキシマレーザのように直線偏光性を持った光源に対しても同様に適用できる。直線偏光性の光源を用いた場合に、種々の方向性を持つパターンに

一般的に対応できるようにするには、偏光の主たる方向を決定する微細な周期性パターンに到達するまでに偏光方向を非直線性にしておく必要がある。従って、レチクル上にあるか、あるいはレチクルと共役面近傍にあるかを問わず、微細な周期性パターンの存在する位置とレーザ光源の間に $\lambda/4$ 板などの偏光状態を制御する光学部材を入れたり、ビームスプリッタでレーザ・ビームを分割して偏光方向を回転して再びビームを統合したりする構成が必要である。

10 【0043】図9は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等)の製造のフローを示す。

【0044】ステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0045】一方、ステップ3(ウェハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップ4(ウェハプロセス)は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。

20 【0046】次のステップ5(組立)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。

【0047】ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

30 【0048】図10は上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウェハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウェハ表面に絶縁膜を形成する。

【0049】ステップ13(電極形成)ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打ち込み)ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。

40 【0050】ステップ17(現像)では露光したウェハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0051】本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【0052】

50 【発明の効果】以上述べてきたように本発明によれば、

露光波長オーダの微細な周期性パターンの特性を利用することによりレチクル上の個別のパターンに対して最適な偏光状態を提供している。この結果、結像の際のコントラストが向上し、焦点深度の向上や、限界像性能の向上などを達成している。

【0053】更に本発明では偏光状態を選択すると共にレチクル上の各パターンに応じて最適な照明条件も作り出すことにより、位相シフト技術や変形照明技術と相性のよい照明を行う露光方法及び装置を提供している。

又、本発明はレチクル自体で実現することも可能であるし、また従来型のレチクルに対して露光装置側の対策で実現することもできる。また本発明はステッパや走査型の露光装置に等しく適用することができて応用範囲が広く、極限まで性能を追求するリソグラフィの領域で大きな効果をあげることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態1のレチクル

【図2】 本発明を適用したレヴェンソン型位相シフトレチクル

【図3】 本発明の実施形態2の露光装置

【図4】 レチクルと本発明の光学素子とのパターンの関係を示す図

【図5】 本発明の実施形態3の露光装置

【図6】 レチクルと本発明の光学素子とのパターンの関係を示す図

【図7】 本発明の光学素子による角度制御を示す図

【図8】 本発明の実施形態4の走査型露光装置

【図9】 本発明の半導体デバイスの製造方法のフローチャート

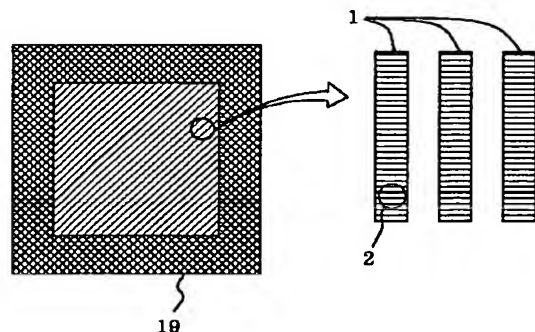
【図10】 本発明の半導体デバイスの製造方法のフローチャート

【符号の説明】

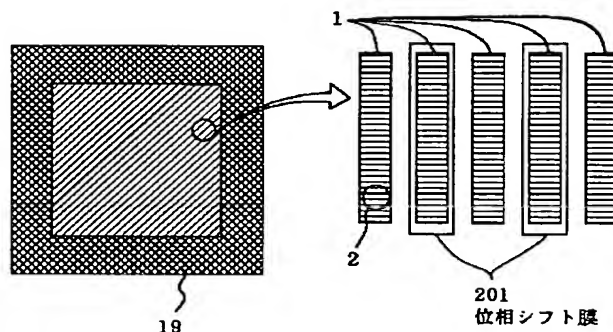
- 1 L S I の回路パターン
- 2 周期性微細パターン

- 10 超高圧水銀灯
- 11 楕円鏡
- 12 シャッタ
- 12' シャッタの駆動系
- 13 コンデンサ・レンズ系
- 14 波長選択フィルター
- 15 オプティカルインテグレータ
- 16 コンデンサ・レンズ系
- 17 マスキング・ブレード
- 10 18、18' コンデンサ・レンズ系
- 19 レチクル
- 21 絞り
- 21' 絞りの駆動系
- 22 偏光選択素子
- 22' 偏光及び角度選択素子
- 31 レチクル上の L S I の回路パターン
- 31' 31と直交する微細周期パターン
- 32 レチクル上の L S I の回路パターン
- 32' 32と直交する微細周期パターン
- 20 33 レチクルアライメントマーク
- 34 装置側基準マーク
- 35 22 (22') のアライメントマーク
- 36 照明系内の基準マーク
- 37 基準マーク観察系
- 38 22 (22') の位置調整機構
- 39 観察系
- 41 31' と直交する位相型グレーティング
- 42 32' と直交する位相型グレーティング
- 51 投影光学系
- 52 ウェハ
- 53 ウェハ・チャック
- 54 レチクル走査ステージ
- 55 ウェハ走査ステージ
- 56 22 (22') の走査ステージ

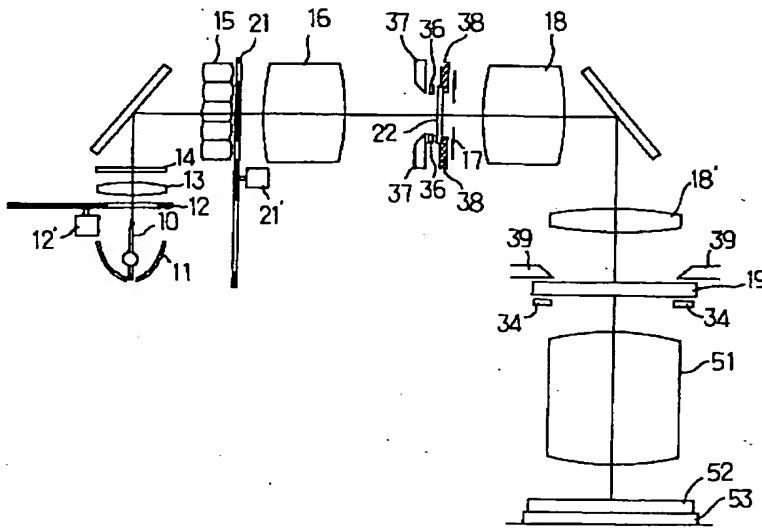
【図1】



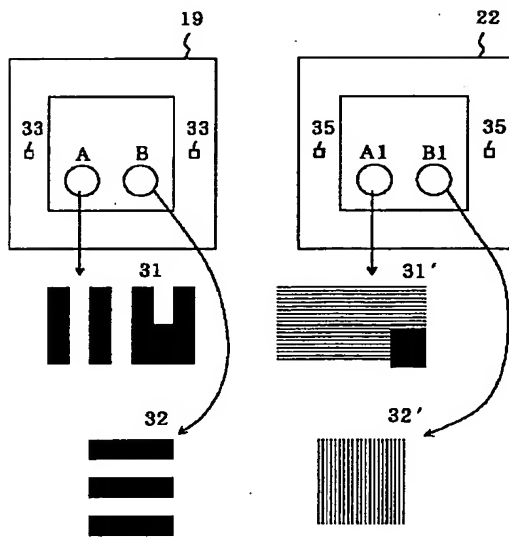
【図2】



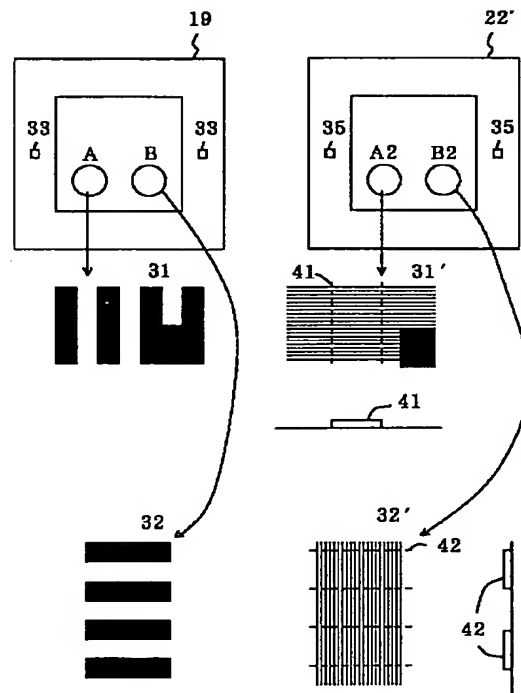
【図 3】



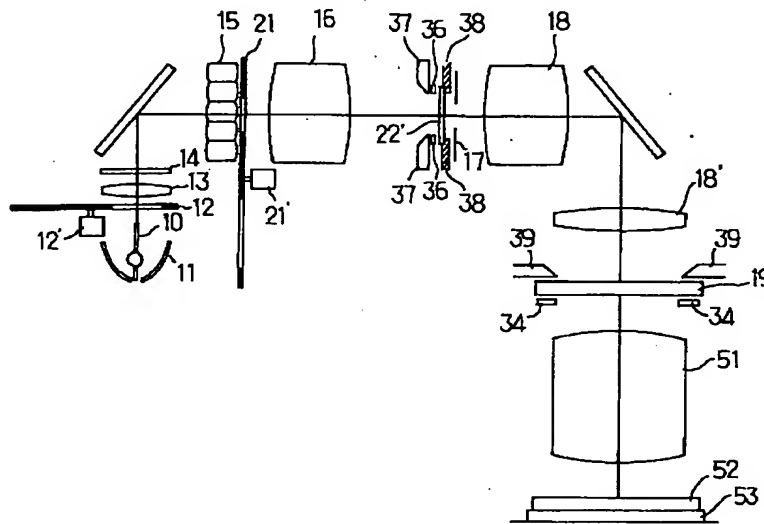
【図 4】



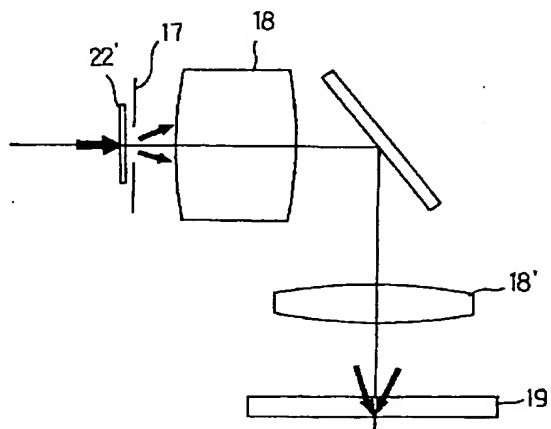
【図 6】



【図 5】



【図 7】



```

graph TD
    A[回路設計] -- "(ステップ1)" --> B[マスク製作]
    B -- "(ステップ2)" --> D[ウエハプロセス (前工程)]
    C[ウエハ製造] -- "(ステップ3)" --> D
    D -- "(ステップ4)" --> E[組立 (後工程)]
    E -- "(ステップ5)" --> F[検査]
    F -- "(ステップ6)" --> G[出荷]
    G -- "(ステップ7)" --> H[完成品]

```

【図10】

